

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Obor: B 3107

Mechanická textilní technologie

Katedra textilních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Olha Malysh
KTT

Vedoucí práce: Prof. Ing. Radko Kovář, CSc.

Počet stránek textu: 42

Počet obrázků: 4

Počet grafů: 10

Počet tabulek: 3

Počet příloh: 1

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra textilních technologií

**ENERGETICKÉ ZMĚNY PŘI CYKlickÉ
DEFORMACI PŘÍZE**

**Energy changes during the cyclic deformation
of yarn**

LIBEREC 2008

Olha Malysh

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce.

V Liberci 2008

.....
Podpis studenta

Na tomto místě je mou povinností poděkovat Prof. Ing. Radko Kováři, CSc. za spolupráci při vedení této bakalářské práce, cenné připomínky a diskuze, za všestrannou pomoc a ochotu při provádění experimentů, a taky za pomoc při vyhodnocení experimentu.

Anotace

Cílem této bakalářské práce bylo teoretický a experimentální rozbor vlivu parametrů příze na energetické přeměny při cyklické tahové deformaci na různých délkách a rychlostech protažení, porovnání energetických přeměn příze a z ní vyrobené plošné textilie.

Dalším cílem bylo zdůvodnit existence energetických ztrát při cyklické tahové deformaci příze a rychlosti namáhání. Uvedenou úvahu experimentálně ověřit na čtyřech různých přízích.

Annotation

The main goal of this bachelor's thesis was the theoretical and experimental analysis of yarn's parameters influence on energetic performances during the cyclic deformation. Different lengths and speed of elongation were used. Comparison of energetic performances of yarn and surface textiles made from them was done.

One more idea of this work was to prove the existing of energetic losses during cyclic deformation of yarn and speed of load. Four different types of yarn were used in experiment to confirm these corporations.

KLÍČOVÁ SLOVA

Protažení

Zatížení

Deformace

Cyklická deformace

Hystereze

KEY WORDS

Elongation

Load

Stretching

Weighting

Deformation

Cyclic deformation

Hysteresis

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRÁTEK, ZNAČEK A SYMBOLŮ

ba - bavlna

CV – variační koeficient [%]

ε - tažnost (deformace do přetrhu) [%]

F – síla [N]

F_t – třecí síla [N]

f - relativní pevnost [N/ tex], resp. [cN / dtex]

f – součinitel smykového tření

f_α – součinitel tření opásáním [1]

F_v – třecí síla valivého tření [N]

F_o – napínací síla před tělesem [N]

F_n – kolmá tlaková síla mezi tělesy [N]

R – poloměr tělesa [1]

Δl - protažení do přetrhu [mm]

l_T - tržná délka

m – hmotnost tělesa [kg]

např. – například

obr. – obrázek

P - pevnost (síla do přetrhu)

PP – polypropylen

tzv. – tak zvaný

tab. – tabulka

u – rychlost [ms⁻¹]

σ - napětí do přetrhu [Pa]

α – úhel opásání [rad]

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. REŠERŠNÍ A TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1 Vlastnosti vláken	11
2.1.1 Vlastnosti bavlněného vlákna	11
2.1.2 Vlastnosti polypropylenová vlákna (PP).....	12
2.2 Mechanické vlastnosti přízí	12
2.2.1 Pevnost.....	13
2.2.3. Namáhání v tahu	13
2.2.4 Napětí	14
2.2.5 Deformace	15
2.2.6 Předpětí.....	15
2.2.7 Vliv klimatických podmínek na mechanické vlastnosti.....	16
2.3 Cyklické namáhání	16
2.4 Rychlost zatěžování	17
2.5 Faktory ovlivňující deformační vlastnosti přízí	18
2.6 Energetické změny při deformace pleteniny.....	22
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	26
3.1 Popis experimentu.....	26
3.2 Použitý materiál.....	27
3.3 Zjištění . pevnosti a tažnosti přízí	28
3.4 Zjištění hystereze.	31
3.5 Vliv rychlosti deformace	36
4. ZÁVĚR.....	39
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41
PŘÍLOHA 1.....	42

1. ÚVOD

V současném vývoji textilního průmyslu dochází k rychlému nárůstu nároku na produkováný objem i kvalitu produkce textilií. S tím se přímo pojí také nutnost sledování kvality meziproduktu, tedy přízí, přástu a pramenu. Zvyšování objemu výroby je dosahováno zvýšením provozních rychlostí strojů, což s sebou nese nutnost kvalitnějšího a rychlejšího měření a řízení jednotlivých procesů (mykání, česání, posukování aj.), aby nedocházelo k poklesu kvality výroby.

Prudký nastup chemických vláken a rychlý rozvoj moderní techniky však postavili textilní technologii před problémy, které nebyly možné řešit jen na základě dosavadních empirických zkušeností.

Nauka o přízích, jejich tvorbě, struktuře a vlastnostech se stejně jako celá nauka o textilních materiálech a technologiích neustále rozvíjí, prohlubuje a nachází další možnosti svého praktického uplatnění.

V současné době v oděvním průmyslu je tendence nahrazovat pleteniny z přírodních materiálů materiály umělými. Důvodem je hlavně nižší cena. Také v oblasti vyhodnocování kvality dochází ke zvyšování nároku. Protože umělé pleteniny se využívají i v ostatních odvětvích průmyslu je třeba důkladně znát jejich chování při různých druzích zatížení.

Předmětem této bakalářské práce je zjistit chování a energetické straty příze z čisté bavlny a přízí s různým poměrem bavlny a polypropylenu při cyklickém namáhání.

Pozornost byla zaměřena hlavně na energetické změny při cyklické deformaci příze. Těchto vlastností se využívá při následném zpracování příze v plošnou textilií.

2. REŠERŠNÍ A TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Vlastnosti vláken

2.1.1 Vlastnosti bavlněného vlákna

Délka. Význam, jaký má pro kvalitu vlny jemnost, má pro bavlnu délka. Délka se označuje obvykle jako stapl, což je střední délka nejdelších vláken ve vzorku. Je-li tedy řeč o staplu 30 mm, znamená to, průměrná délka nejdelších vláken je 30 mm. Bavlna, šedá nebo žlutavé skvrny jsou charakteristické pro bavlnu, která byla postižena mrazem nebo účinkem dešťů v době zrání.

Lesk. Bavlny vyšších tříd mají lesk vysoký až hedvábný. Nižší třídy bavlny jsou charakteristické matným leskem ev, bez lesku.

Omak a pružnost. Zralé a čisté bavlny mají omak jadrný, hutný a pružný. Znečištěné bavlny jsou tvrdé na omak. Měkká, poddajná bavlna bez pružnosti je charakteristická pro bavlny s velkým množstvím nezralých vláken.

Pevnost vlákna bavlny v tahu je značná a pohybuje se mezi 2 – 4cN/dtex za sucha a za mokra 100 – 120% pevnosti za sucha, dle jemnosti a struktury. 4im jemnější vlákno, tím je obvykle jeho absolutní pevnost v gramech nižší: relativní pevnost, přepočtená na jednotku průměru, bývá však u jemnější bavlny vyšší.

Tažnost vláken je poměrně malá. Vykazuje-li normálně ovčí vlna tažnost až 60%, nemá bavlna větší tažnost než za sucha 6 – 10%, za mokra 100 – 110% tažnosti suché a jen v ojedinělých případech o něco více. Ještě mnohem menší než tažnost je pružnost bavlny, tedy schopnost navrátit se po natažení do normální původní délky.

Plísňe napadají zejména surovou bavlnu. Bělená nebo barevná bavlna bývá napadena méně. Plísňe žijí hlavně z pektinu osázených v lumenu. V znik plísňí závisí na určité minimální vlhkosti, době a teplotě. A také působí značnou degradaci vláken [7].

2.1.2 Vlastnosti polypropylenová vlákna (PP)

Polypropylenová vlákna (PP nebo také POP) jsou inertní vůči bakteriím, plísním, jsou dobře snášitelná s lidskou pokožkou, nevyvolávají alergické reakce. Z textilních vláken má polypropylén (polyolefin) nejnižší nasáklivost, velmi nízkou tepelnou vodivost a také nízkou hmotnost. Vlákná jsou i velmi pevná, nevýhodou snad může být jen jejich nízká odolnost vůči vysokým teplotám, nelze je žehlit a běžně prátl lze na 40 až 60 °C .

Polypropylen si udržuje mírně záporný elektrický náboj, což je pro lidský organizmus příznivé. Vlákná se nedají povrchově barvit, ale ani znečistit. Barvu vlákno získá jen obarvením základní suroviny při její výrobě a to pouze v omezeném sortimentu barev. Různé odstíny získáme pouze kombinací s bílou, modrou, černou a žlutou barvami. Takto samotné se nosí pouze v teple a pak při zpocením lehce chladí, to díky vydatnému odpařování. Pletenina v bílé barvě poskytuje přirozený ochranný sluneční filtr nejméně hodnoty SF7, barevná pak samozřejmě ještě více. Výrobky z PP jsou v ČR poměrně často používané výrobci pletenin [7].

2.2 Mechanické vlastnosti přízí

Příze je významným poloproduktem textilní výroby.

Mechanické vlastnosti přízí (nití) jsou definovány jako jejich odezva na vnější působení sil a svědčí o kvalitě vláken. Mechanické vlastnosti jsou popisovány tzv. ultimativními charakteristikami

- pevnost (síla do přetrhu) P [N]
- napětí do přetrhu σ [Pa]
- protažení do přetrhu Δl [mm]
- tažnost (deformace do přetrhu) ϵ [%]
- relativní pevnost f [N/ tex], resp. [cN / dtex]
- tržná délka l_T [km], resp. [m] – délka, při níž by se textilie zavěšená na jednom konci přetrhla vlastní tíhou.

2.2.1 Pevnost

Při nárůstu zatížení příze dochází k deformaci příze a následně k přetrhu. Hodnota tahové síly nebo napětí při přetrhu je rovna *pevnosti příze*. V praxi se nejčastěji používá *poměrná pevnost* [N/tex], kdy absolutní pevnost [N] je vztažena k jemnosti zkoušené příze [tex], co je vidět ze vzorce (1)

$$R = \frac{F}{T} \quad (1)$$

kde

R - poměrná pevnost v tahu [N/tex],

F - absolutní pevnost v tahu [N],

T - jemnost příze [tex].

2.2.2 Tažnost

Při zjišťování pevnosti příze sledujeme současně i tažnost příze. Tažností rozumíme délkovou deformaci, prodloužení příze vlivem tahového namáhání. Poměrné prodloužení příze při přetrhu vyjádříme vztahem (2).

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} * 100 = \frac{L - L_0}{L_0} * 100 \quad (2)$$

kde

e poměrné prodloužení při přetržení příze, tažnost [%]

ΔL změna délky vzorku [mm]

L_0 počáteční délka vzorku [mm]

L délka vzorku po deformaci, při přetržení příze [mm]

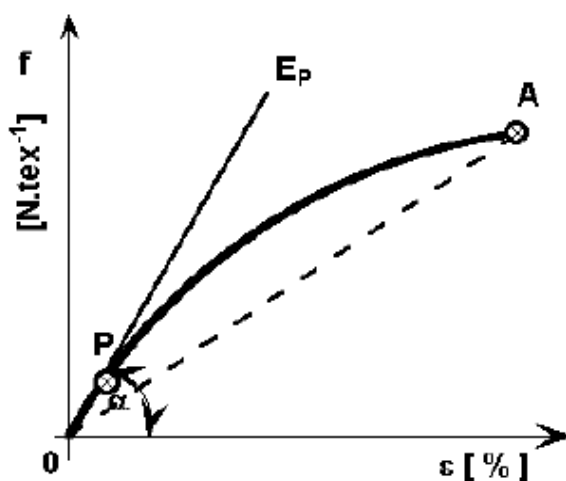
2.2.3. Namáhání v tahu

Při namáhání v tahu nazýváme odezvu materiálu pevností v tahu. Tuto vlastnost zkoušíme na dynamometru – přístroji pro definované namáhání vzorků a registraci síly a deformace (natažení).

Tahová zkouška je prakticky nejpoužívanější statická zkouška a používá se téměř u všech materiálů. Zkouška spočívá v deformaci zkušební příze tahovým zatížením, za účelem stanovení jedné, nebo více vlastností, potřebné pro volbu materiálu. Připravená zkušební příze se upne do čelistí trhacího stroje a zatěžuje předepsanou rychlostí. Přitom se sleduje grafický záznam závislosti prodloužení na zatěžování.

2.2.4 Napětí

Pod pojmem napětí σ [Pa] rozumíme absolutní sílu F [N] přepočítanou na plochu průřezu vzorku S [m²]. Protože plocha průřezu nitě je obtížně stanovitelná, přepočítává se absolutní síla F [N] na jemnost vzorku T [tex]. Přísně vzato bychom v tomto případě měli poměr mezi silou do přetrhu a jemností příze nazývat poměrnou pevností f [N.tex⁻¹]. Napětí, resp. poměrná pevnost do přetrhu vzorku je nazýváno pevností v tahu.



Obr.1 Tahová křivka

Hodnotu poměrné pevností spočítáme z rovnice (3) a jednotkou je [N.tex⁻¹].

$$f = \frac{F[N]}{T[tex]} \quad (3)$$

2.2.5 Deformace

Při malé deformaci lze očekávat menší ztráty energie (je menší pravděpodobnost, že k vzájemnému posunutí vláken dojde, a při posunutí bude kratší dráha), a to i relativně při kvantifikaci energetických ztrát formou hystereze.

Při natahování vzorku nitě dochází k jeho prodloužení, čili deformování. Absolutní deformaci vyjadřujeme v absolutních jednotkách jako Δl [mm] .

Má-li být deformace různých materiálů srovnávána, je ji nutno podobně jako u napětí přepočítat na relativní jednotky, nejčastěji [%]. Nebudeme-li vyjadřovat deformaci v %, bude vyjádřena jako bezrozměrné číslo [-]. Pro přepočet deformace používáme následující vztahy:

Absolutní deformace [mm]

$$\Delta l = l - l_0 \quad (4)$$

Kde

l – je konečná délka po natažení [mm]

l_0 – je počáteční (původní) délka vzorku [mm], zvaná upínací délka

Relativní deformace [-]

$$E = \frac{\Delta l [mm]}{l_0 [mm]} = \frac{l - l_0}{l_0} \quad (5)$$

Deformaci popisujeme jako vratnou - elastickou a nevratnou - plastickou. Elastické - vratné deformace lze očekávat pouze v oblasti malých sil a deformací, kde průběh $F = f(\Delta l)$ je lineární.

2.2.6 Předpětí

Abychom mohli přesně stanovit deformaci příze, která je závislá na změně délky a abychom mohli také přesněji odečítat počáteční tangentový modul, vkládáme před měřením pevnosti na textilií předběžnou sílu, kterou nazýváme předpětí. Předpětí je stanoveno normou.

2.2.7 Vliv klimatických podmínek na mechanické vlastnosti

Vlastnosti textilních vláken a textilií se mění podle toho jaká je jich vlhkost. Textilní vlákna jsou schopna přijímat z ovzduší, od lidského těla apod. vlhkost, popř. plyny chemické výpary atd. Tato schopnost se označuje pojmem sorpční vlastnosti. Vlivem vlhkosti vlákna bobtnají, mění se jejich hmotnost, která je důležitá při obchodování a pro stanovení jemností. Téměř ve všech případech tažnost se stoupací vlhkostí stoupá a pevnost klesá. Výjimku tvoří přírodní celulózová vlákna, která se stoupající vlhkostí zvětšují svoji pevnost. Naproti tomu velice podstatně snižují svoji pevnost za mokra vlákna z regenerované celulózy.

Standardní klimatické podmínky pro zkoušení vlastností jsou vlhkost vzduchu $65 \pm 2[\%]$, teplota vzduchu $20 \pm 2[^\circ\text{C}]$. Teplota se měří teploměry, vlhkost vlhkoměry (psychrometry) popř. Hygrometry.

2.3 Cyklické namáhání

Cyklické namáhání je definováno jako pravidelný vzrůst a pokles deformace a napětí v niti doplněný prodlevami. Tento postup může být realizován do konstantní deformace (resp. síly) nebo se vzrůstající úrovní napětí, popřípadě až do přetrhu. Vynecháme-li některou část cyklu (zejména prodlevu), hovoříme o polocyklickém namáhání. Podle této definice by samozřejmě také zkouška pevnosti v tahu byla definována jako namáhání polocyklické do přetrhu. Cyklické namáhání je možno realizovat buď v pomalém režimu (pseudostaticky) nebo v rychlém režimu (dynamicky).

Při konstantní délkové hmotnosti (jemnosti) příze ($T_p = \text{konst.}$) je u jemnějších vláken více mezivláknenných kontaktů a tím také větší množství vláken v průřezu příze. Tím se zvyšuje pevnost příze.

Na tvar křivek a ultimativní charakteristiky má vliv teplota a vlhkost.

Dalšími vlivy jsou strukturální vlivy příze:

- vliv sklonu vláken (zákrut)
- vliv navlnění vláken
- vliv prokluzů vláken
- vliv migrace

Vlákna v nenapjaté přízi - model:

- všechna vlákna mají stejnou výchozí polohu **s** svého příčného řezu
- všechna vlákna mají stejnou tahovou deformační závislost σ_1/ε_1
- poměr η_a příčné kontrakce je u všech vláken stejný (tzn., že Poissonův poměr je nezávislý na ε_1).
- co do uspořádání mají všechny elementy vláken na jednom poloměru **r** stejné hodnoty průmětů do směrů os.
- elementy vláken v zatížené (prodloužené) přízi mají ε_a stejné a rovné deformaci příze.
- elementy ležící původně na poloměru **r** se po zatížení přemístí na poloměr **r** při zachování kontinuity vláken
- ke každému vláknennému elementu se vztahují poměry příčné kontrakce η_r a η_t , které jsou stejně velké ($\eta_r = \eta_t = \eta$), kde η je Poissonův poměr příčné kontrakce příze
- tahově deformační zákonitost vláken odpovídá Hookovu zákonu $\sigma_1(\varepsilon_1) = E^* \varepsilon$
- Vlákna jsou uspořádána ve šroubovicovém modelu $tg \beta = 2\pi r Z$
- v přízi je radiální průběh zaplnění konstantní
- poměrné prodloužení ε_a je malé

2.4 Rychlost zatěžování

Rychlost zatěžování má na výsledky měření pevnosti v tahu a tažnosti zásadní vliv. Čím rychleji budeme nit zatěžovat, tím méně času bude mít na přeskupení vnitřních sil tvořených např. třením mezi vlákny. S rostoucí rychlostí zatěžování roste úroveň pevnosti a klesá tažnost.

Standardní rychlost zatěžování je normována v době trvání zkoušky řádově desítek sekund. Textilie jsou namáhány dynamicky. Tato skutečnost však také znamená, že deformace se odehrávají v oblasti elastických – vratných deformací. Souvislosti jsou zřetelné. Překročíme-li u úroveň elastických deformací nitě, dochází k postupnému dopružování nitě. Důsledkem čeho je např. vrásnění švů.

2.5 Faktory ovlivňující deformační vlastnosti příze

U příze ze staplových vláken jsou deformační vlastnosti ovlivněny vlastnostmi jednotlivých vláken, samotnou strukturou příze a použitou technologií výroby příze. Při experimentálních zkouškách ovlivňují výsledky například následující faktory:

Jemnost příze

Povrchová vrstva vláken příze má zaplnění, proti vnitřní části příze, která tvoří její nosnou část. Vlivem nižších sil je povrchová struktura volnější a nepřenáší plně tahové namáhání působící ve směru osy příze.

Zákrut příze

Větší normálové napětí mezi vlákny ztěžuje jejich vzájemný pohyb (zvětší se třecí odpor) a zmenší se tudíž pravděpodobnost že k posuvu dojde, v případě prokluzu ale budou ztráty energie větší.

Vlivem zákrutu dochází ke stlačování vláken v objemu příze. Dochází k *samosvornému efektu*, ke zvyšování počtu mezivláknenných kontaktů a třecích sil. Koeficient tření jednoduše můžeme spočítat např. pomocí snímače, a rovnice číslo (6). Tady je uveden vztah pro výpočet koeficientů tření u jehel pletacích strojů pomocí přístrojů PAPEON SliverTester .

$$m = \frac{\ln \frac{F_n}{F_d}}{8 \alpha} \quad (6)$$

kde

F_n - zatížení měřicího nosníku při pohybu nití nahoru

F_d - zatížení měřicího nosníku při pohybu nití dolů

α - úhel opásání

Minimální hodnota pevnosti příze při nulovém zákrutu je způsobena přirozenou soudržností vlákenného materiálu, se zvyšujícím se zákrutem dochází k růstu pevnosti příze. Maximální pevnost příze je dosažena při *kritickém zákrutu příze*. Na zpomalování růstu pevnosti příze kolem hodnoty kritického zákrutu a následný

pokles pevnosti za touto hranicí má vliv zvyšující se sklon vláken vůči ose příze a tím menší podíl vláken na přenosu tahového namáhání.

Upínací délka

Upínací délkou ovlivníme průměrné hodnoty pevnosti příze při přetrhu. K přetrhu dochází v místě s nejnižší pevností v nejslabším místě příze. Experimentálně bylo prokázáno, že při měření na krátkých úsecích, je pravděpodobnost zastoupení pevnostně silných míst vyšší než zastoupení slabých míst. Při měření dlouhých useku ovlivní průměrnou hodnotu pevností useku slabých i silných míst a pravděpodobnost výskytu slabého místa je vyšší. Výsledné hodnoty pevnosti při zkouškách s kratší upínací délkou vycházejí vyšší než u zkoušek při delších upínacích délkách.

Struktura příze

Struktura příze v sobě zahrnuje mnoho jednotlivých vlastností, určování vzájemných vlivu je velice složité. Struktura příze výrazně ovlivňuje technologie výroby příze současně s parametry při její výrobě.

Opakované namáhání vláken

Vlákno opakovaně namáhané jednoosým tahovým namáháním vykazuje nižší hodnoty prodloužení, zvedá se hodnota meze kluzu a dosažená pevnost vlákna. Obdobně lze chápat chování opakovaně namáhané příze ze staplových vláken.

Při první zkoušce zatěžování jednoosým namáháním dosáhne příze nejvyšších hodnot prodloužení. Vlákna tvořící přízi se napřímí a po překonání třecí síly mezivlakenných kontaktů se jednotlivá vlákna po sobě posunou. Napřimení vláken zvýší rovnoběžnou orientaci vláken k ose příze. Podílí se více na přenosu tahového namáhání působícího ve směru osy příze. Při opakování zkoušky dosahuje příze vyšší pevnost, ale zároveň nižší hodnoty prodloužení.

Délková hmotnost lineárních textilních útvaru

Lineárním textilním útvarem je myšlen takový útvar o rozměrech $L \times B \times H$, jehož jeden rozměr L lze uvažovat jako nekonečný (platí $B, H \ll L$). Uvažujeme-li, že tento rozměr má orientaci shodnou s osou x , pak vybereme úsek délky l , v jehož středu leží bod X , a vedeme dvě rovnoběžné roviny kolmé na osu x a procházející koncovými body úseku l . Je-li m hmotnost části útvaru nalézající se mezi těmito dvěma rovinami, pak lze veličinu

$$g_l(x) = \frac{\Delta m}{l} \quad (7)$$

nazvat střední délkovou hmotností materiálu v bode X .

A její jednotka [tex] je definována jako

$$[tex] = \frac{[mg]}{[m]} = \frac{[g]}{[km]} \quad (8)$$

Hlavními parametry ovlivňujícími délkovou hmotnost materiálu jsou hmotnost jednotlivých vláken a jejich počet v průřezu kolmém k ose x . Kolísáním počtu vláken v průřezu vzniká délková hmotnostní nestejnomyěrnost. Jedná se vlastně o kolísání délkové hmotnosti lineárního útvaru na krátkých úsecích. Vlivy způsobující délkovou hmotnostní nestejnomyěrnost lze rozdělit na neperiodické (napr. občasné utržení se chuchvalce vláken hromadících se na některém výstupku stroje a jeho začlenění do pramene, nerozvolněné shluky vláken atd.) a periodické. Periodická nestejnomyěrnost bývá zpravidla způsobena mechanickými vadami rotačních částí stroju působících v technologickém řetězci. Vysoká hmotnostní nestejnomyěrnost pramene ovlivňuje nepříznivé výsledný produkt, tj. přízí, a to jak z hlediska mechanických vlastností (zejména pevnost), tak vzhledu (kolísání průměru příze může způsobit pruhovitost látky, Moiré efekt apod.).

Složitost struktury lineárních textilních útvaru vede k tomu, že je nelze vyrobit dokonale stejnoměrné. Pro každý typ materiálu je stanovena hodnota

limitní nestejnoměrností, což je statistická míra nestejnoměrností kterou již nelze dále zlepšit. Její základní výpočet vychází z Poissonova rozdělení.

Pro hodnocení hmotnostní nestejnoměrnosti pramenu se již přes třicet let používají v praxi téměř výhradně přístroje Uster Tester švýcarské firmy Zellweger Uster A.G. V současnosti je na trhu již pátá generace. Uster Tester je určen pro měření v laboratořích a využívá kapacitní princip měření. V textilní praxi se díky těmto přístrojům zavedly jako standardní vyhodnocovací metody pro prameny grafický záznam procentuálních odchylek délkové hmotnosti (hmotnostní diagram), variační křivka délkových změn CV(L) nebo tabulkové hodnoty jednotlivých variačních koeficientu CV a sloupcový spektrogram. U novějších typu přístrojů se objevuje ještě histogram.

Hodnota variačního koeficientu CV je pro i-tý vzorek určena podle vztahu

$$CV = \frac{100}{g} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (g_t - g)^2 dt} \quad (9)$$

kde

CV [%] variační koeficient

T [s] perioda vzorkování

g_t [ktex] okamžitá hodnota délkové hmotnosti

g [ktex] střední hodnota délkové hmotnosti

U přístrojů Uster Tester probíhá měření tak, že přístroj nejprve určí střední hodnotu hmotnosti pramene z úseku předcházejícího měřenému vzorku. Odchylky pak vztahuje k této střední hodnotě. Při silně kolísavé hmotnosti pramene tak může vznikat chyba, protože střední hmotnost předcházejícího úseku se může významně lišit od střední hmotnosti měřeného vzorku.

Délková variační křivka (křivka délkových změn) je výchozím kritériem hodnocení kvality prádelnických pramenu. Vynáší se do logaritmických souřadnic. Jakost pramene charakterizuje sklon křivky, její tvar a hodnoty CV pro konkrétní vlnové délky.

Pro jednoduchost zjištění délkové hmotnosti můžeme použít například měřicí zařízení pro hodnocení kvality pramenu PAPEON. Základním principem

činnosti měřicího zařízení PAPEON SliverTester je měření odporové síly protažení tenzometrickým snímačem s definovanou rychlostí průtahu pramene.

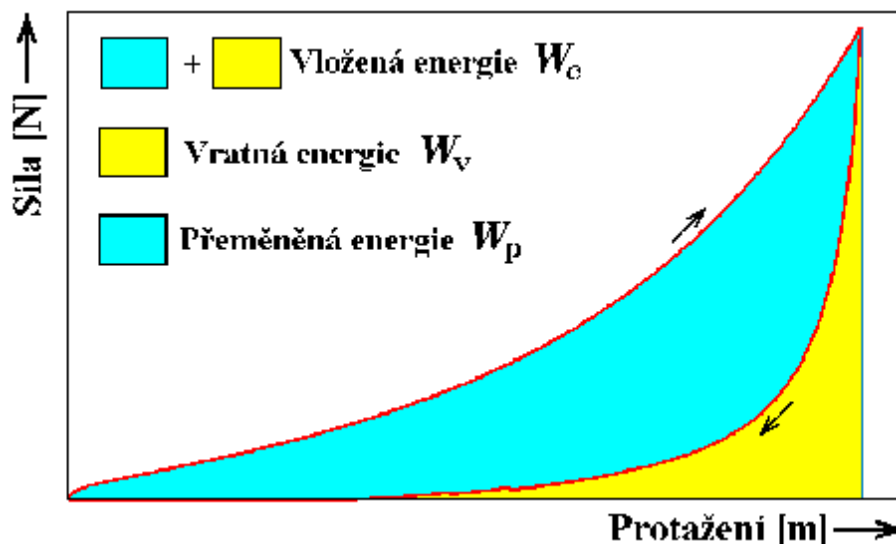
2.6 Energetické změny při deformace pleteniny

Deformace textilie je prakticky vždy spojena s projevy vnitřního tření [1], které je důsledkem vzájemného posouvání vláken uvnitř textilie a které je spojeno s přeměnou mechanické energie na tepelnou a s tzv. hysterezí.

Ztráty mechanické energie bývají u pletenin v porovnání s tkaninami větší, neboť u pletenin dochází k většímu vzájemnému posouvání nití (ke změnám polohy míst kontaktu nití, tzv. vazných bodů). Při testu pevnosti a tažnosti pleteniny lze vyhodnotit celkovou do vzorku vloženou energii. Je to síla, působící po dráze, odpovídající protažení textilie.

Podíl pružné, tj. v textilií akumulované a z hlediska mechanické energie bezztrátové energie a nepružné energie, odpovídající trvalé deformaci vzorku, ale samostatně určit nelze. Energie vložená do experimentu se ovšem ztratit nemůže a její elastický podíl, představovaný pružnou deformací vláken, se po přetrhu přemění na jiné nežli mechanické formy (především tepelnou a akustickou). V okamžiku přetrhu se textilie nikoliv bezvýznamně zahřeje, což lze pozorovat termokamerou.

Pro kvantitativní hodnocení energetických přeměn je proto vhodnější cyklická deformace, tj. deformace v celém cyklu nebo i ve větším počtu cyklů. Příklad jednoho cyklu deformace pleteniny je na obr. 2.



Obr.2 Celý deformační cyklus

Plocha pod zatěžovací křivkou (doprava nahoru) odpovídá celkové energii vložené přístrojem do vzorku textlie W_c , plocha pod relaxační křivkou (doleva dolů) odpovídá podílu vratné energie, tj. pružné energie která byla ve vzorku akumulována W_v . Rozdíl těchto energií (plocha mezi oběma křivkami) potom představuje energii, která se během experimentu přemění na tepelnou W_p . Poměrná **hystereze** H je termín pro relativní vyjádření množství přeměněné (z pohledu mechanické energie ztracené) energie vzhledem k energii vložené, tj. při vyjádření v procentech W_c , plocha pod relaxační křivkou (doleva dolů) odpovídá podílu vratné energie, tj. pružné energie která byla ve vzorku akumulována W_v . Rozdíl těchto energií (plocha mezi oběma křivkami) potom představuje energii, která se během experimentu přemění na tepelnou W_p . Poměrná **hystereze** H je termín pro relativní vyjádření množství přeměněné (z pohledu mechanické energie ztracené) energie vzhledem k energii vložené, tj. při vyjádření v procentech [16].

$$H = \frac{W_p}{W_c} \times 100 = \frac{W_c - W_v}{W_c} \times 100 \quad (10)$$

Pleteniny jsou tvořeny z jedné soustavy nití, jež je propletena v určité vazbě. Vazné body jsou tvořeny lineární interakcí nití. Tento způsob provázání umožňuje větší posuv nití ve vazném bodě. V praxi to znamená, že pletenina má větší schopnost se deformovat, než tkanina [18].

Jak bylo uvedeno výše, základním konstrukčním parametrem je vazba.

Pevnost pleteniny je dána zatížením silou $F[N]$, potřebnou k přetržení daného vzorku. Jak uvádí pan Kovář, pevnost se vztahuje na užší část vzorku cca(50 mm). Rozšíření pleteniny u čelisti trhačského stroje z důvodu, aby v tomto místě nedocházelo k přetrhu pleteniny. U čelistí tak vzniká oblast, kde nemůže nastat deformace pleteniny a to má za následek přímého namáhání nití na tah.

S vazbou úzce souvisí další konstrukční parametry:

- plošná hmotnost (jemnost textilie) $[kg.m^{-2}]$
- tloušťka $[m]$
- objemová měrná hmotnost $[kg.m^{-3}]$
- pórovitost $[%]$
- hustota (dostava osnovy a útku, hustota řádků a sloupků)
- změny délky nití (setkání, procento setkání, spletení, procento spletení)

V případě pletenin pro vyjádření vlivu délky oka nebo „cover“ faktoru na tkáňovou elasticitu existují zajímavé vztahy. Většina vlastností tkanin může být změněna „cover“ faktorem. Například, pokud spočítáme zlomek délky oka a diametru příze, dostaneme koeficient, který z hlediska termální izolačnosti bude optimální. Ale nemůžeme být jistí, že tento koeficient bude v souladu s odpovídající pleteninovou elasticitou. Proto důležité parametry pro analýzu pletenin při deformaci jsou: použita příze, geometrie pletení, síly při pletení, dokončovací práce a relaxace. Všechny tyto parametry ovlivňují pleteninu a působí na změnu její vlastností. Samotná relaxace taky může snížit účinek procesu pletení.

Malá tažnost znamená taky malé energetické ztráty a nízký počet přetrhů. Naopak při vysoké tažnosti energetické ztráty (tření mezi vlákna) jsou větší a projevují se ve větším počtu roztrhávání vláken, způsobeným nerovností pleteniny. Hystereze přibližuje se k 90 %, co znamená že jen 10% deformační energie mají elastický charakter [4].

Má taky vliv délky cyklu na proměnnou hystereze. Delší cyklus je spojen s většími přeměnami energie, tj. i s většími hodnotami vnitřního tření. Nanejvýš pravděpodobné je, že i velmi malé protažení nitě bude spojeno s alespoň s nějakou energetickou přeměnou (tj. že se některá vlákna budou po sobě posouvat) a že hystereze nemůže být záporná.

Vliv hustoty pleteniny taky je při cyklické deformaci. Husté vzorky jsou pružnější, což lze vysvětlit menším vzájemným posuvem nití ve vzorcích vzhledem k většímu normálovému napětí a tím i většímu třecímu odporu.

V některých případech je ale výsledek opačný, tj. větší hystereze u více zaplněných vzorků, neboť pokud ke vzájemnému posuvu vláken dojde, může být vzhledem k většímu kontaktnímu napětí podíl přeměněné energie větší.

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Popis experimentu

Zkoušky přízí byly provedeny na dynamometru INSTRON 4411. Firma Instron, jejíž zařízení Instron 4411 je k dispozici na Technické univerzitě v Liberci, a které bylo využité i pro tuto bakalářskou práci. Univerzální trhací přístroj Instron 4411 (obr. 4) se nachází v laboratoři katedry textilních technologií. Jedná se o přesné zařízení, což je pro experiment velice důležité. Pokud by nebyla splněna tato podmínka přesnosti, byly by naměřené hodnoty nepřesné..

Experiment se skládal z několika částí. V první části bylo nutné zjistit pevnost a tažnost přízí a potom následovalo cyklické namáhání v tahu pro zjištění energetických změn při cyklických deformacích. Potom jsem snažila se dokázat vliv rychlosti deformace na energetické změny. Experiment byl prováděn v laboratořích TU v Liberci na katedře textilních technologií. Zkoušky byly prováděny na trhacím přístroji Instron 4411, který je uveden na obrázku 3.



Obr.3 Dynamometr Instron 4411

3.2 Použitý materiál

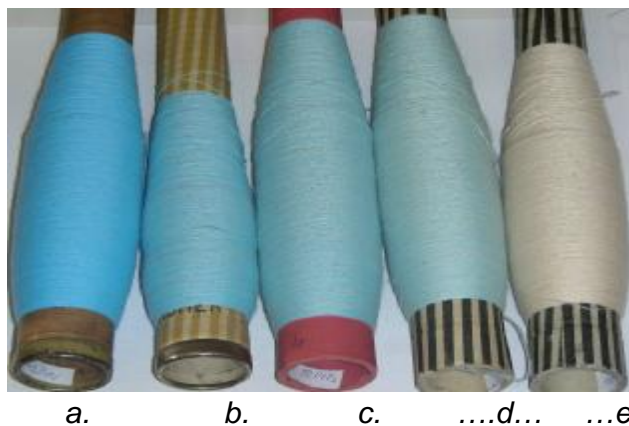
Během experimentu jsem použila pět různých materiálů. Jednalo se o směsi PP(polypropylen) a ba (bavlna). Poměr jednotlivých směsí a dalších vlastností je uveden v tabulce (tabulka 1).

Použitý materiál	Jemností vzorků [tex]	Počet zákrutů [m ⁻¹]
100% PP	29,5	637 m ⁻¹
65% PP/35% ba	29,5	637 m ⁻¹
50% PP/50% ba	29,5	637 m ⁻¹
35% PP/65% ba	29,5	637 m ⁻¹
100% bavlna	29,5	637 m ⁻¹

Tab. 1: Vlastnosti zkoumaných přízí

Rozlišení jednotlivých přízí podle můžeme vidět podle barvy. Je to znázorněno na obr. 4.

- a. 100% polypropylen(PP)
- b. PP 65 % / 35 % ba
- c. PP 50 % / 50 % ba
- d. PP 35 % / 65 % ba
- e. 100 % ba



Obr.4 Druhy přízí

3.3 Zjištění . pevnosti a tažnosti přízí

K dispozici bylo 10 potáčů, z toho 2 byly ze 100% PP, 2 obsahovaly 35% ba a 65% PP, 2 50% PP a 50% ba, 2 potáče obsahovaly 35% PP a 65% ba a 2 potáče tvořila ze 100% ba. Příze byla před zkouškou klimatizována 4 dny v normálním prostředí.

Zkoušky byly prováděny na trhacím přístroji *Instron*.

Na stroji byly nastaveny vstupní parametry:

- hlava 100 N
- rychlost 60 mm/min (1 m s^{-1})
- interval snímání dat 50 ms (20 s^{-1} , maximum)
- upínací délka 200 mm (měřeno od okraje čelistí, skutečná cca o 5 mm větší)
- předpětí 0,417 N
- konec experimentu při poklesu F o 40 %.

Zvolené výstupní parametry:

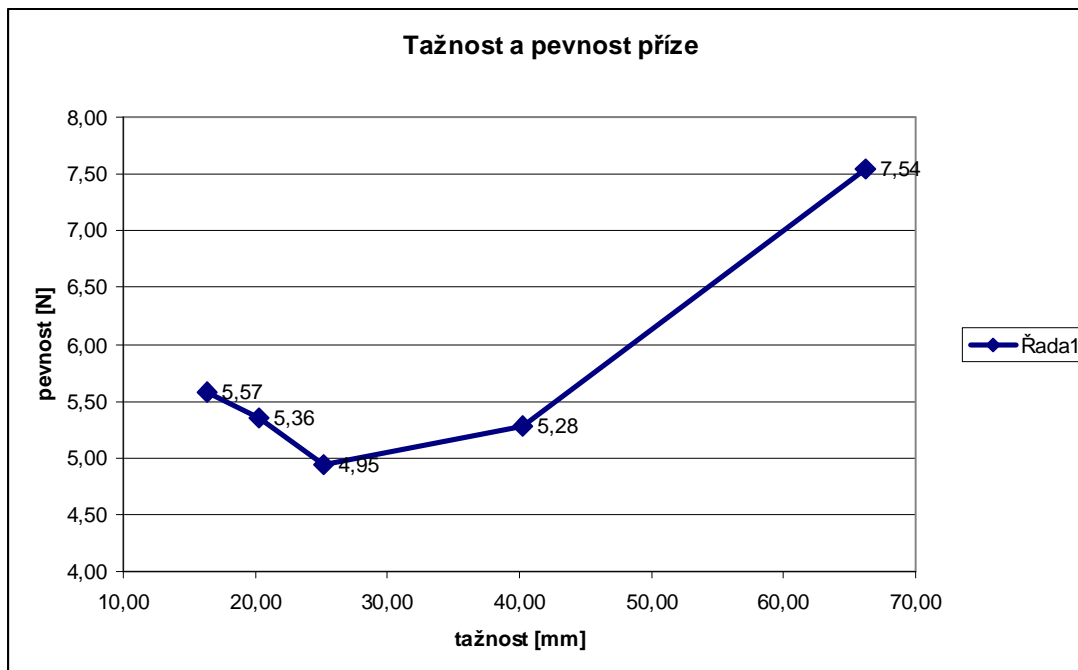
- protažení v mm
- zatížení v N
- modul pružnosti v MPa

Software, který umožňoval pokus se jmenuje *Bluehill*. Zvolenou metodou byla metoda *Kovář-pevnost*.

Na základě vzorce (1) a (2) jsme získali průměrnou tažnost a průměrnou pevnost. Vypočítané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2.

Příze	Tažnost [mm]	Pevnost [N]	Tažnost [%]
100 % PP	66,17	7,54	33,1
65 PP / 35 ba	40,22	5,28	20,1
50 PP / 50 ba	25,17	4,95	12,6
35 PP / 65 ba	20,33	5,36	10,2
100 % ba	16,42	5,57	8,2

Tab. 2 Průměrná tažnost a pevnost příze

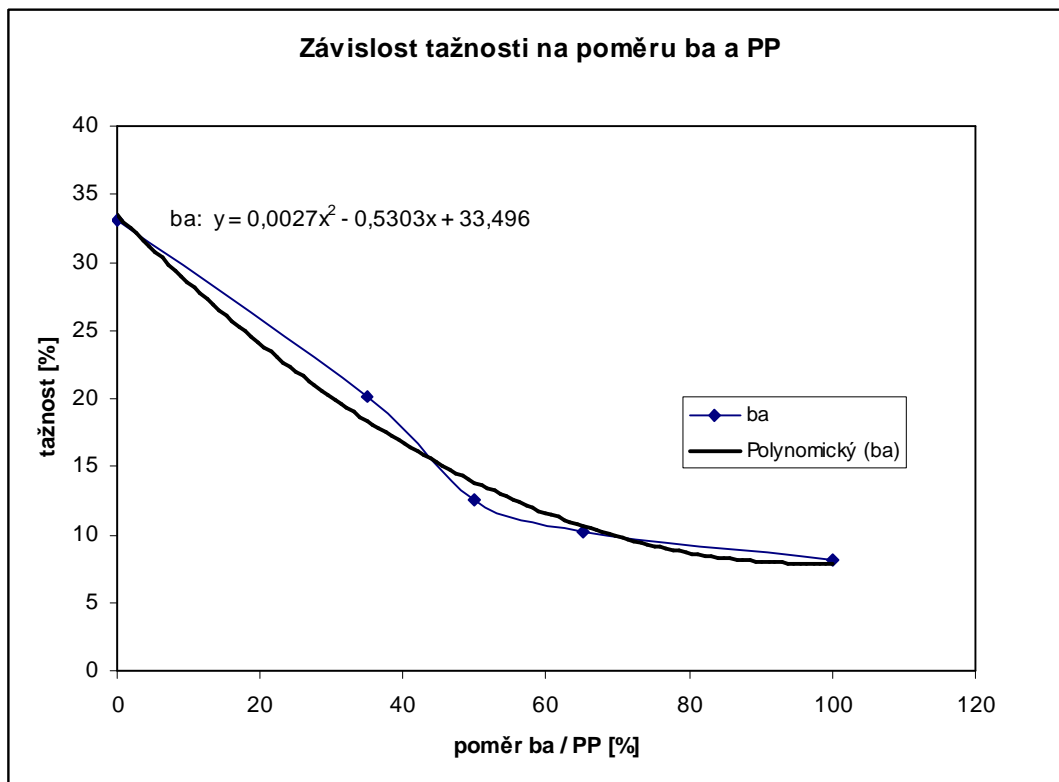


Graf 1. Závislost pevnosti různých druhů příze na tažnosti

Z provedených měření jsme obdrželi následující výsledky:

- Největší tažnost a nejlepší tažné vlastnosti vykazuje 100% polypropylen (tažnost 33,1 %), což znamená, že jej lze roztáhnout ještě skoro na třetinu celkové délky
- Nejhorší tažnost vykazuje 100% bavlna, kterou lze deformovat jenom na 8,2 % celkové délky
- Tažnost pro příze se smíšenou koncentrací ba a PP se nachází v rozmezí 10 - 20%, což závisí na poměru zmíněných složek, čím více PP, tím pružnější je příze, a naopak, čím více ba, tím slabší tažné vlastnosti jednotlivé příze

Závislost tažnosti příze na poměru bavlny nebo polypropylenů je znázorněna na následujícím grafu. Byly zkoumané příze s koncentrací ba 0,35,50,65,100 % a zároveň s koncentrací PP 100,65,50,35,0 %, pro které byly obdrženy následující výsledky (viz. Graf 2).



Graf 2. Závislost tažnosti na poměru ba nebo PP

Jak je vidět z grafu, závislost tažnosti v procentech na poměru ba nebo PP lze popsat kvadratickou rovnicí. Rovnice závislosti pro ba a PP je znázorněná na grafu. Tažnost příze se zvětšením poměru bavlny se zmenšuje kvadraticky (čím větší zastoupení bavlny, tím menší tažnost).

S použitím najedené závislosti lze vypočítat tažnost pro libovolné zastoupení bavlny v přízi.

3.4 Zjištění hystereze.

Další součástí experimentu je zjištění hystereze nebo-li energetické ztráty při cyklické deformaci příze.

Zkoušky byly prováděny na přístroji *Instron*.

Na stroji byly nastaveny následující vstupní parametry:

- hlava 100 N
- rychlost 30 mm/min ($0,5 \text{ m s}^{-1}$)
- interval snímání dat 50 ms (20 s^{-1} , maximum)
- upínací délka 200 mm (měřeno od okraje čelistí, skutečná cca o 5 mm větší)
- předpětí 0,01 N (co nejmenší)
- konec experimentu při poklesu F o 40 %
- Frekvence snímání dat 20 s^{-1} .

Software, který umožňoval pokus se jmenuje *Bluehill*. Zvolenou metodou byla metoda *Hyster - Kovar*. Prodloužení při cyklické deformaci bylo bez prodlevy. Volili jsme prodloužení 2%, 5%, 10%, 20%, 50% tažnosti a to individuálně pro každý materiál.

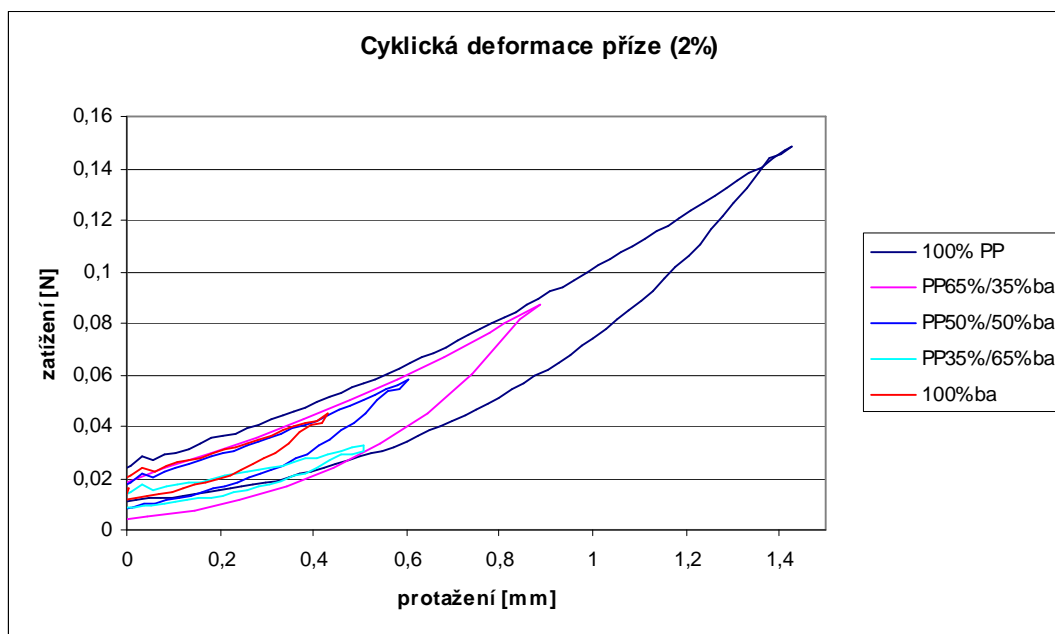
Každý experiment byl opakován 2 krát (10x z každého potáče).

Z naměřených hodnot tažnosti a pevností byla vypočítaná cyklická délka příze, což je mezní délka elastické deformace (maximální délka na kterou lze přízi roztáhnout aby se ještě neroztrhla). Výsledky výpočtů jsou zapsány v následující tabulce 3:

Příze	Cyklická délka elastické deformace [mm]				
	2%	5%	10%	20%	50%
100 % PP	1,32	3,31	6,62	13,23	33,08
65 PP / 35 ba	0,80	2,01	4,02	8,04	20,11
50 PP / 50 ba	0,50	1,26	2,52	5,03	12,59
35 PP / 65 ba	0,41	1,01	2,03	4,07	10,17
100 % ba	0,33	0,82	1,64	3,28	8,21

Tab.3 Cyklická délka elastické deformace [mm]

Výsledky cyklické deformace příze s různým zastoupením ba a PP a pro různá zatížení jsou zobrazeny na následujících grafech:

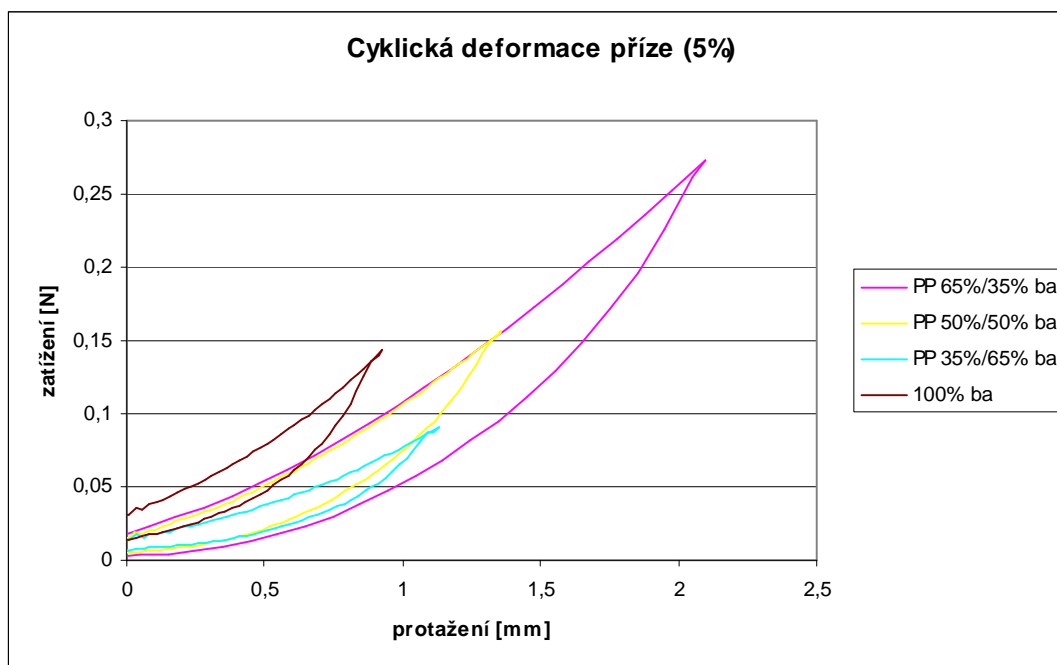


Graf.3 Cyklická deformace příze, (cyklus 2 %)

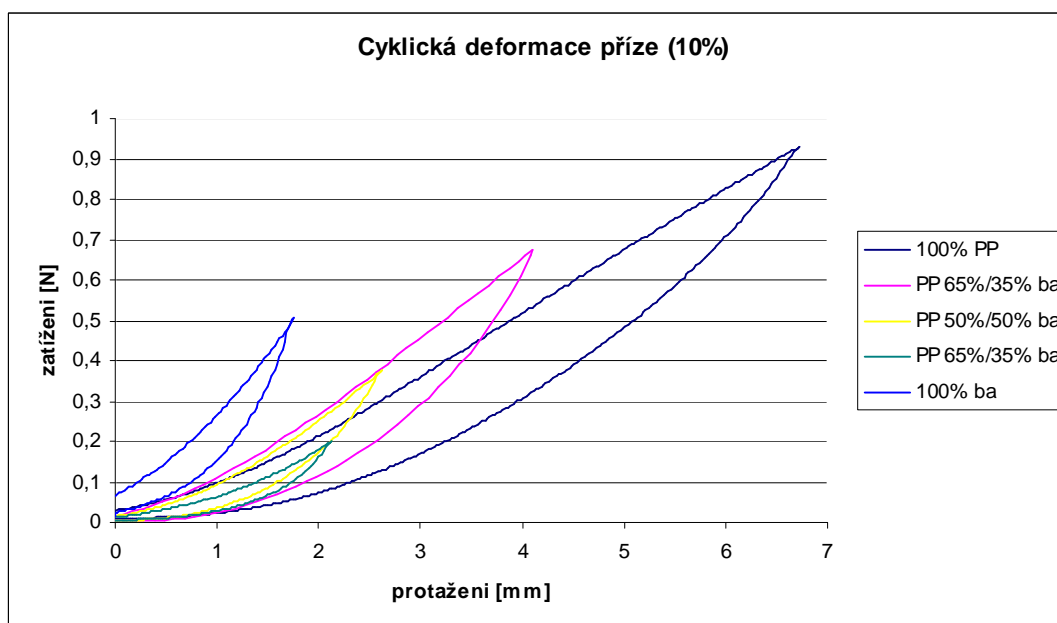
Při protažení každé příze na 2%, nejmenší energetické ztráty vykazuje 100% bavlna, což lze taky posoudit z předchozích výsledku, kde bavlna vykazovala nejhorší tažné vlastnosti, tzn. čím menší tažnost, tím menší ztráty energie při cyklické deformaci. Naopak, polypropylen se jeví jako nejvíce ztrátový z energetického hlediska při cyklické deformaci, tak jak také má nejlepšší tažné vlastnosti. Čím více jej budeme natahovat, tím větší budou energetické ztráty příze jako celku. Pro přízi se smíšeným poměrem ba a PP, tažnost a energetické ztráty se kompenzují procentuelním zastoupením jednotlivých složek.

Bavlna při cyklické deformaci zůstává nejméně energetický ztrátová a polypropylen nejvíce.

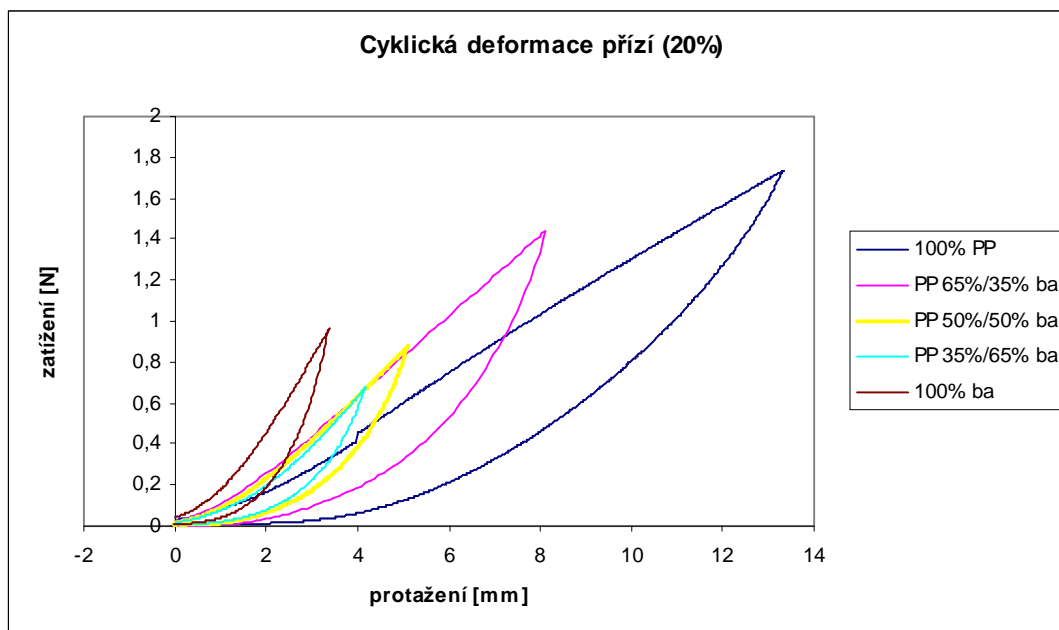
Energetické ztráty pro protažení 5,10,20,50 % jsou zobrazeny níže. Při všech druzích protažení závislost energetických ztrát na poměru ba / PP se zvětšuje lineárně.



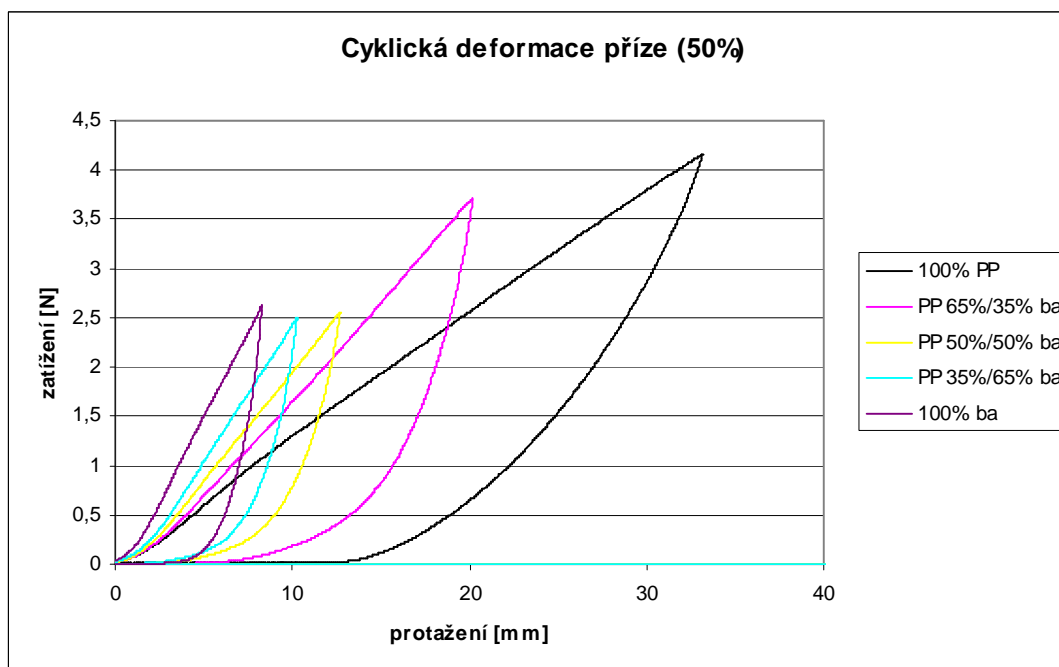
Graf.4 Cyklická deformace příze, (cyklus 5 %)



Graf.5 Cyklická deformace příze, (cyklus 10 %)



Graf.6 Cyklická deformace příze, (cyklus 20 %)



Graf.7 Cyklická deformace příze, (cyklus 50 %)

Z obdržených výsledků závislost hystereze na tažnosti můžeme říct, že tato závislost pro jednotlivé příze je lineární

Na základě dat získaných z experimentu a následných výpočtů byly zhotoveny grafy.

Při jejich porovnávání je vidět, že největší ztráty energie vznikají při 50% prodloužení. Je to zřejmé z velikosti plochy, kterou ohraničuje křivka. Stejný výsledek nalezneme u čistého PP i čisté ba.

Při porovnání velikosti plochy uvnitř hysterezí křivky pro čistý PP zjistíme, že ztráty energie při cyklickém namáhání jsou větší než u čisté ba, tj. s větším množstvím přidaného PP rostou i ztráty energie.

Porovnáme-li ale protažení příze při stejném zatížení, je zřejmé, že u PP dochází k mnohem většímu protažení než u ba.

3.5 Vliv rychlosti deformace

Dalším úkolem bylo zjistit vliv rychlosti deformace na energetické ztráty při cyklické deformaci příze. Experiment byl proveden taky na dynamometru *Instron 4411*. Jako vzorek byla použita stejná příze s jemností 29,5 tex s následujícím zastoupením bavlny: 100%, 50%, 0% při cyklické tažnosti 10 a 50 %.

Na stroji byly nastaveny následující vstupní parametry:

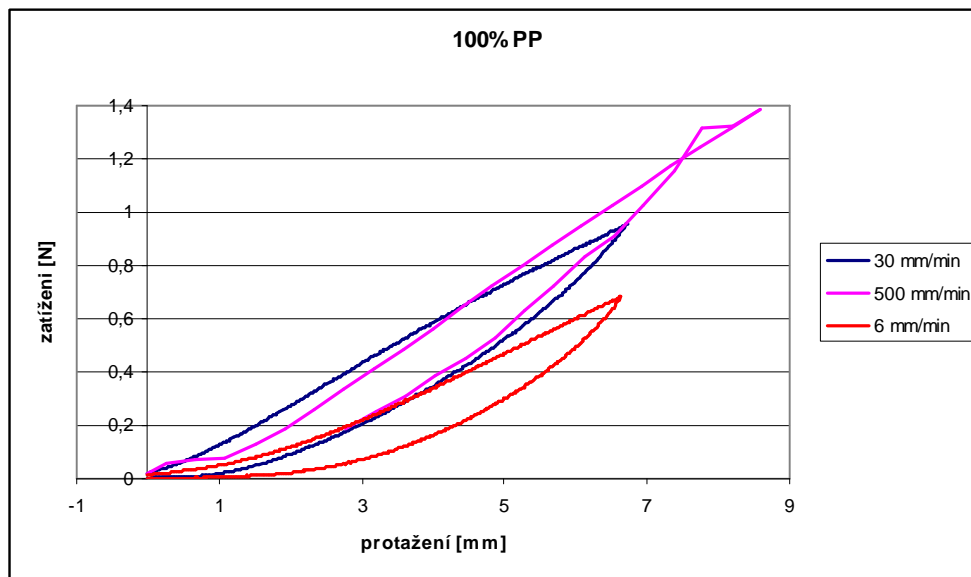
- čídlo 5 N
- upínací délka 200 mm (měřeno od okraje čelistí, skutečná cca o 5 mm větší)
- předpětí 0,01 N (co nejmenší)
- automatické spouštění

Měření bylo provedeno pro různé rychlosti:

- standardní 30 mm/min, (max. frekvence snímání dat mimo 50 % - zde 100 ms),
- maximální 500 mm/min (max. frekvence snímání dat),
- minimální 6 mm/min (snímání dat podle délky cyklu; 2 mm – 100 ms; 5 mm – 250 ms; 10 mm – 500 ms; 20 mm – 1 s).

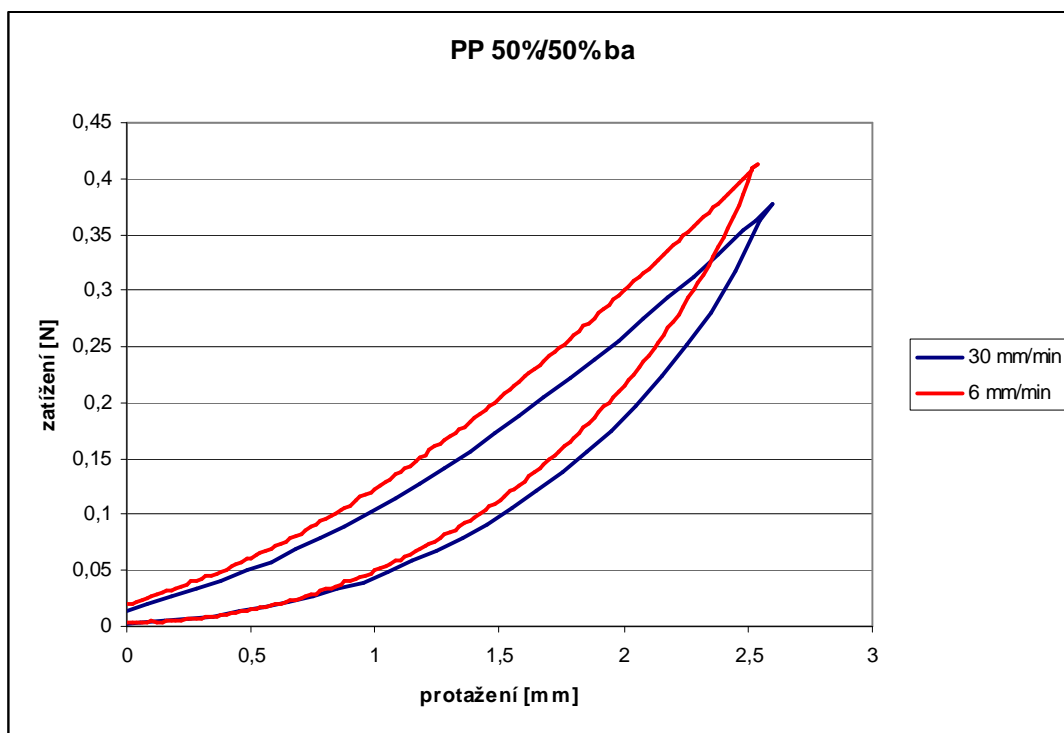
Při měření jsme zjistili že při maximálních rychlostech pro žádné z prodloužení přístroj nestíhal zaznamenávat data, což nám znemožnilo zpracovat závislost energetických ztrát na rychlosti v plánovaném rychlostním rozsahu.

Výsledky měření jsou zobrazeny níže.

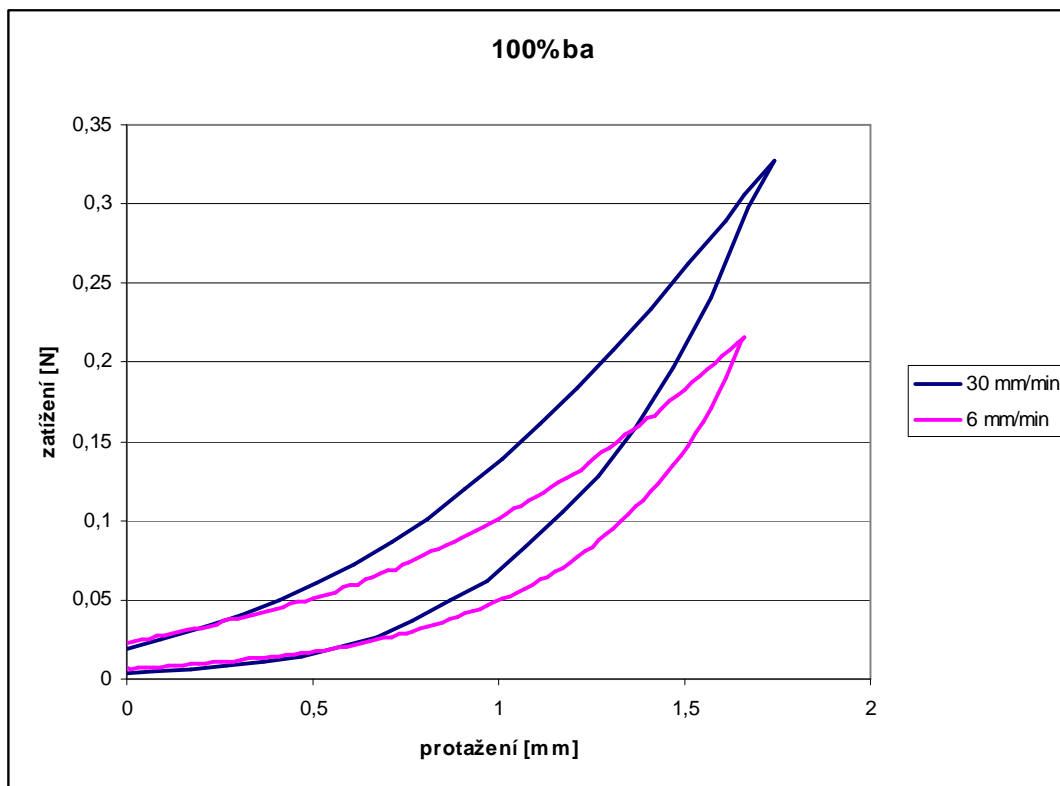


Graf. 7 Vliv rychlosti deformace na energetické ztráty při zkoušení 100% PP

Pro standardní a minimální rychlost se hodnoty energetických ztrát neznatelně liší, zatím co pro polypropylen jsou značně větší.



Graf. 8 Vliv rychlosti deformace na energetické ztráty u PP 50%/50% ba



Graf. 9 Vliv rychlosti deformace na energetické ztráty při zkoušení 100% ba

Z obdržených výsledku je vidět, že hodnoty energetických ztrát pro různá zastoupení ba při minimální a standardní rychlosti jsou skoro stejné. Bohužel pro maximální rychlost jsme neměli možnost zjistit vztah ztrát na rychlosti, protože jak bylo uvedeno již dříve, přístroj nestíhal zaznamenávat data. Proto tento problém necháme jako námět na budoucí magisterskou práci.

Přesto, můžeme ale předpokládat, že závislost energetických ztrát pro maximální rychlost bude mnohem větší, než pro standardní a minimální.

Při standardní rychlosti energetické ztráty 100%PP jsou při 10% tažnosti menší než při 50% .

Při 10% tažnosti jsou ztráty v bavlně menší než v polypropyleny a při 50% naopak.

Při minimální rychlosti se ztráty zvětšují jak pro PP tak pro ba.

4. ZÁVĚR

V této bakalářské práci byla zjištěna závislost ztráty energie při cyklické deformaci příze. Závislost byla zkoumána na několika vzorcích. Použitý materiál příze byla čistá bavlna, čistý polypropylen a jejich směsi.

Měření mělo několik částí. První část byla zaměřena na stanovení pevnosti a tažnosti na základě výpočtu z naměřených dat z přístroje Instron na TU v Liberci na katedře textilních technologií. Tažnost příze se zvětšením poměru bavlny se zmenšuje kvadraticky (čím větší zastoupení bavlny, tím menší tažnost).

V druhé části jsme zjistili maximální protažení přízí a energetické ztráty při cyklické deformaci. Vše bylo zpracováno do grafů. Na základě poznatků z měření obecně lze říci, že energetické ztráty v PP jsou větší než v přízích s bavlny. Při porovnání velikosti plochy uvnitř hysterezí křivky pro čistý PP zjistíme, že ztráty energie při cyklickém namáhání jsou větší než u čisté ba, tj. s větším množstvím přidaného PP rostou i ztráty energie.

Vliv rychlosti zatěžování byl předmětem třetí části experimentu. Výsledek tohoto měření neprokázal velký vliv rychlosti zatěžování na energetické ztráty v přízi. Bohužel pro maximální rychlost jsme neměli možnost zjistit vztah zrát na rychlosti, protože jak bylo uvedeno již dříve, přístroj nestíhal zaznamenávat data. Proto tento problém necháme jako námět na budoucí magisterskou práci.

Zdůvodnila jsem existence energetických ztrát při cyklické tahové deformaci příze, určila záležitost nejvýznamnějších parametry příze a rychlosti namáhání na relativní hysterezi při tahové deformaci příze.

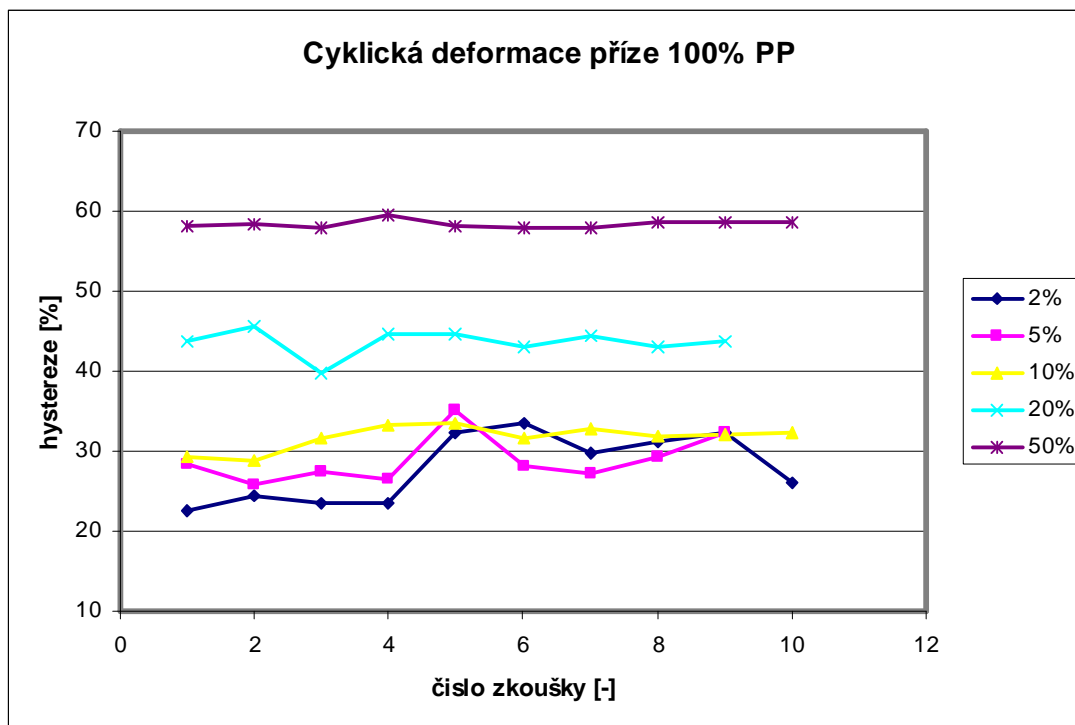
V současné době se pro hodnocení kvality pramenu a přástu stále nejčastěji používají metody a grafy zavedené před desítkami let, jejichž vypovídací schopnost již není v některých případech dostatečná. Míra dostupné informace z grafu byla omezena možnostmi analogových měřicích a vyhodnocovacích obvodu a výpočetní kapacitou tehdejších měřicích zařízení. Tento styl vyhodnocení se v textilní praxi hluboce zakořenil a v téměř nezměněné podobě se využívá dodnes, jeho vypovídací schopnost však začíná být v současné době nedostačující. V podstatě jediným rozšířeným průmyslovým měřidlem kvality, a tedy i určovatelem metod hodnocení, je dnes měřicí aparatura Uster Tester firmy Zellweger Uster.

Pro lepší využití v praxi bych doporučila další zkoumání na již hotové pletenině a ne jen na jednotlivých vláknech. Pro získání podrobnějších a přesnějších dat lze využít neustále se rozvíjejících softwarů.

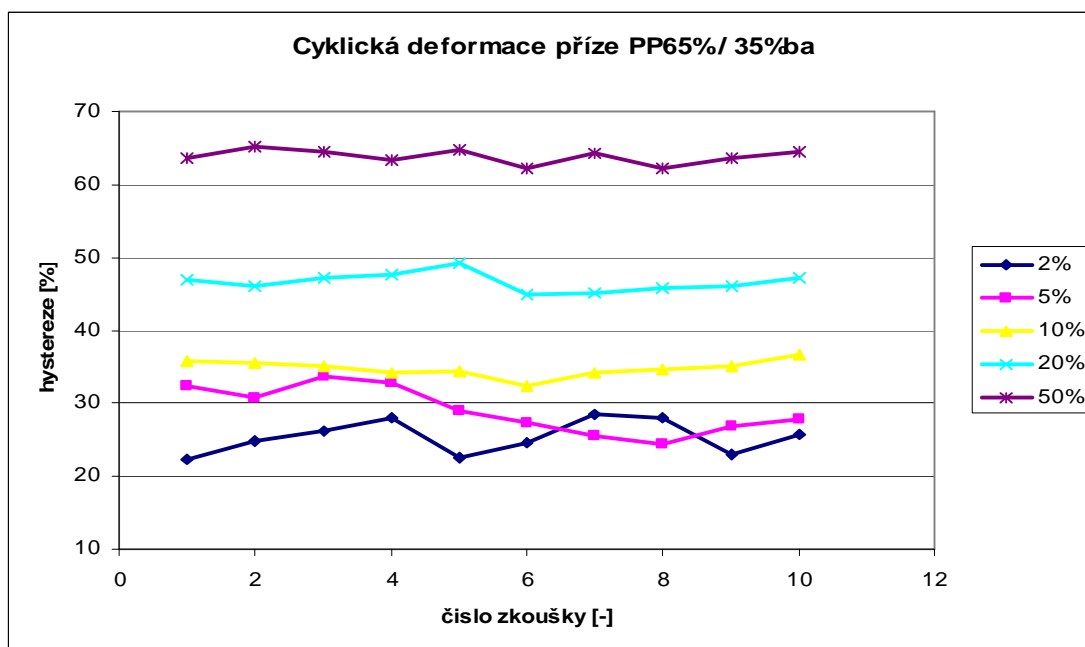
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] Kovář R.: Struktura a vlastnosti plošných textilií. TU v Liberci 2003
- [2] Kovář R.: Teorie pletení. TU v Liberci 2006-2007
- [3] Kovář R., Mertova, I.: Internal Fiction on Woven Fabric Deformation. 3rd International Textile, Clothing and Design Conference, Dubrovnik 2006
- [4] Kovar, R. – Angelova, Y. – Kyosev, Y.: Evaluation of the Elastic Behaviour of Knitted Fabric. In: Fibres and Textiles 12 (1) 1 (2005), pp. 13-17. ISSN 1335-0617.
- [5] Neckář, B.: Příze. Tvorba, struktura, vlastnosti, SNTL Praha 1990
- [6] Oliva, J., Olexa, J.: Úvod do teorie tření, opotřebení a kontaktního porušování, ČVUT Praha 1978
- [7] Hladík, V., Kozel, T., Miklas, Z.: Textilní materiály, SNTL Praha 1997
- [8] Horák Z., Krupka F., Šindelář V.: Technická fyzika 1960
- [9] Jiří Mikulčák a kolektiv: Matematické, fyzikální a chemické tabulky, Statní pedagogické nakladatelství Praha 1988
- [10] Radko Kováč a Filip Konečný: Woven Fabric – To – Fabric Slip 2^{od} International textile, clothing and design conference – Magic World of Textiles, Dubrovnik, Croatia
- [11] Strutex – 8. Národní konference 2002
- [12] Komínková V.: Tření nití zpracovávaných pletařskou technologií [Diplomová práce], TU v Liberci 2003
- [13] Kovář R.: Measuring of yarn friction. TU v Liberci
- [14] L. Liu, J. Chen, B. Zhu, T.X. Yu, X.M. Tao and J. Cao : The yarn-to-yarn friction of woven fabrics 2004
- [15] Technologie pletařství, skripta, Ing. Renata Štorová CSc TU Liberec listopad 2002
- [16] Kovář R.: Pletení, skripta, TU Liberec, 1997
- [17] Kovář R.: Teorie pletení, skripta, VŠST Liberec, 1986
- [18] Kovář R.: Zátažné pletení, skripta, KTT, 2005
- [19] Kovář R.: Struktura a vlastností plošných textilií, skripta, TU Liberec, 2002
- [20] Kočí V.: Vazby pletenin 1. vydání, SNTL, Praha, 1980

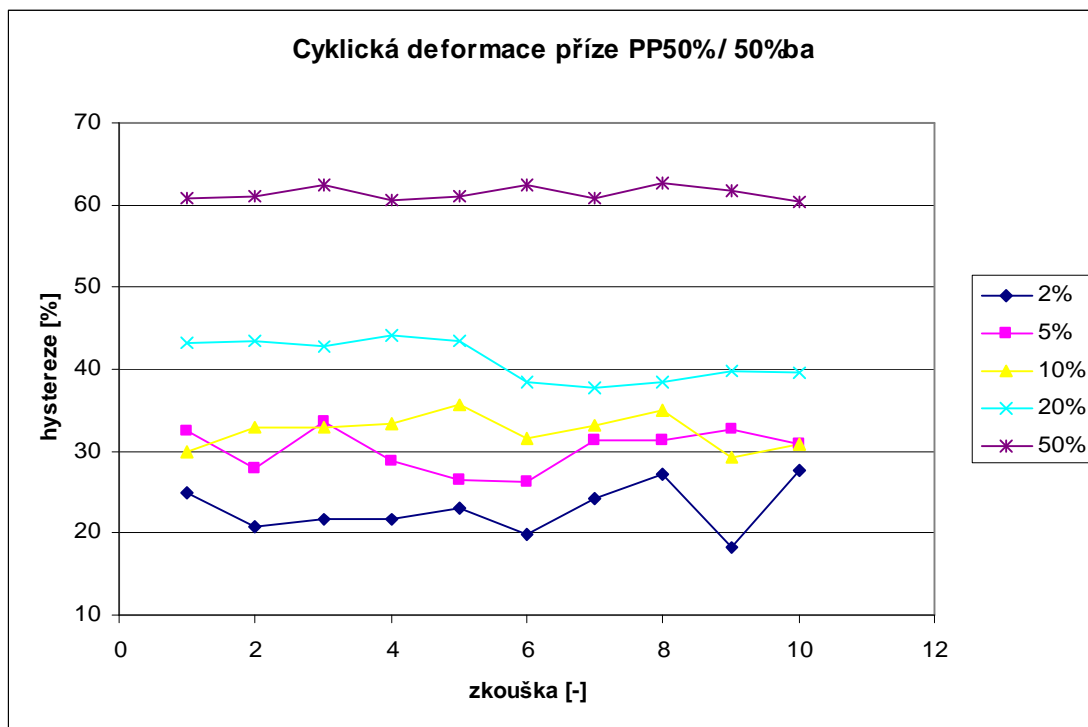
PŘÍLOHA 1



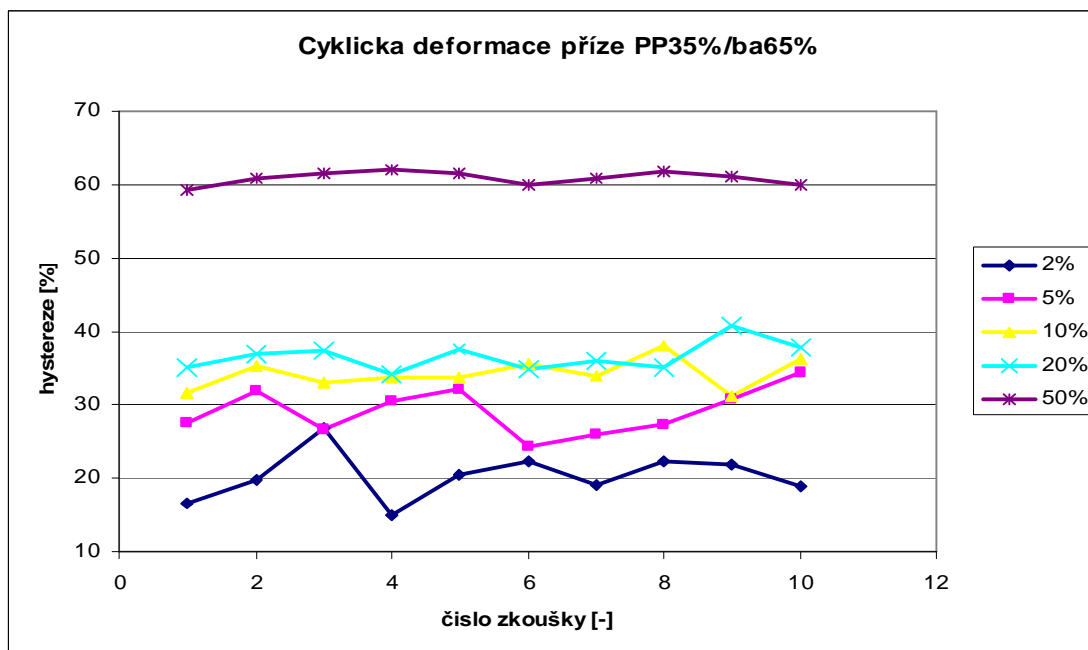
Graf.1 Cyklická deformace příze



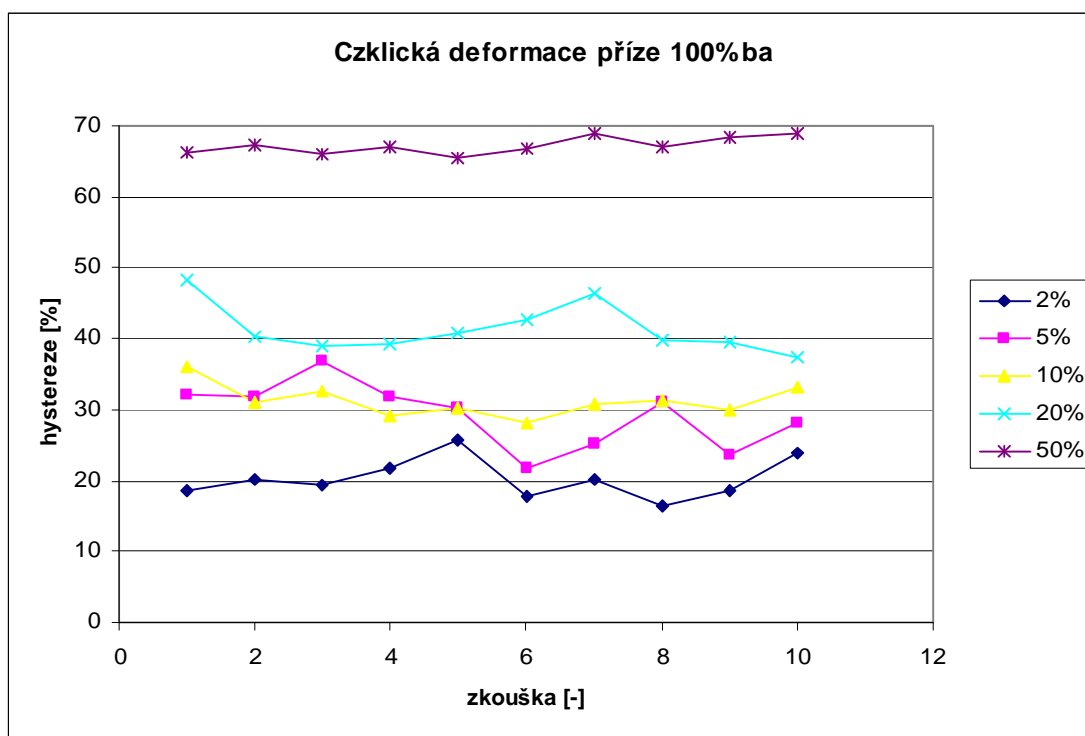
Graf.2 Cyklická deformace příze



Graf.3 Cyklická deformace příže



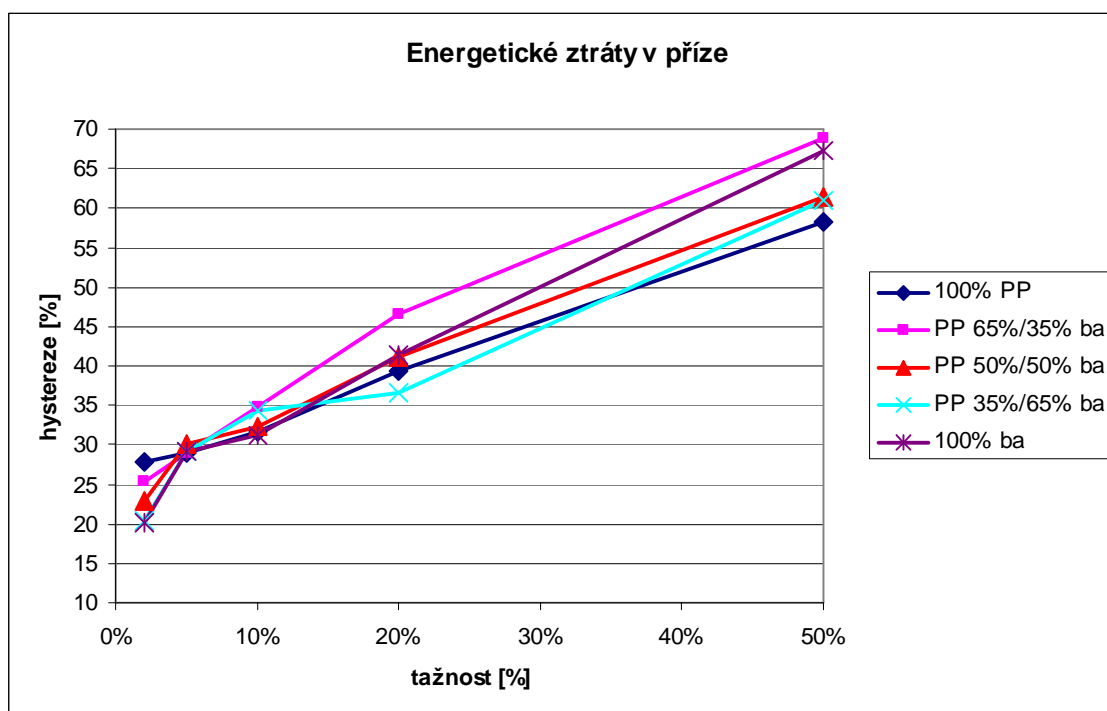
Graf.4 Cyklická deformace příže



Graf.5 Cyklická deformace příze

Cyklus	Příze				
	100%PP	PP65%/35% ba	PP50%/50% ba	PP35%/65% ba	100% ba
2%	27,902	25,341	22,942	20,342	20,234
5%	28,92	29,047	30,159	29,185	29,241
10%	31,735	34,795	32,413	34,277	31,26
20%	39,261	46,586	41,083	36,614	41,327
50%	58,339	68,853	61,39	60,892	67,243

Tab.1 Energetické ztráty v příze



Graf.6 Energetické ztráty v příze